

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-67628

(P2001-67628A)

(43)公開日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 11 B 5/39

識別記号

F I

G 11 B 5/39

テ-マコ-ト<sup>®</sup> (参考)

5 D 0 3 4

審査請求 有 請求項の数17 O.L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願平11-247275

(22)出願日 平成11年9月1日 (1999.9.1)

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 林 一彦

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74)代理人 100089875

弁理士 野田 茂

Fターム(参考) 5D034 BA03 BA09 BB01 BB08 BB14

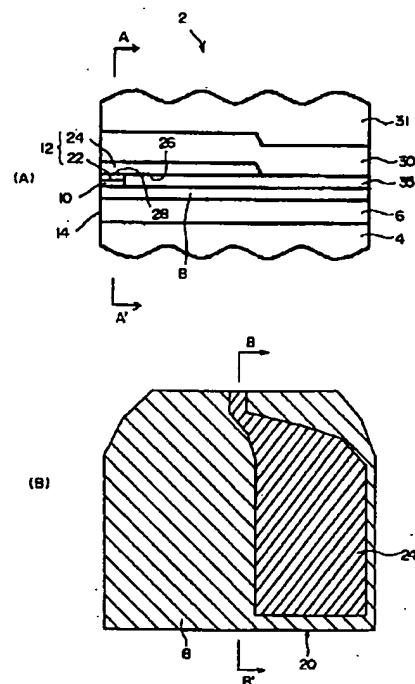
DA07

(54)【発明の名称】 磁気抵抗効果素子と磁気抵抗効果素子の製造方法および磁気抵抗検出システムならびに磁気記録システム

(57)【要約】

【課題】 製造時に下電極層および上電極層間の短絡が生じないようにする。

【解決手段】 磁気抵抗効果素子2は、下シールド層4の上に下ギャップ層6を介して形成された下電極層8と、下電極層8上の一領域に形成された磁気抵抗効果膜10と、下電極層8の上方に形成され少なくとも下部の一部が磁気抵抗効果膜10の上面に接して延在する上電極層12とを有し、そして、上電極層12は第1および第2の上電極層22、24からなり、第2の上電極層24は平面視において全体が下電極層8の形成領域内に延在している。したがって、下電極層8の縁部20が、製造時にフォトレジストが溶解した剥離剤溶液に曝されてラフネスが増大したとしても、下電極層8の縁部20上方には上電極層は存在せず、下電極層と上電極層との間の電気的な短絡は発生しない。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上の一部の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有する磁気抵抗効果素子であって、

前記上電極層は、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在していることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記上電極層のA B S面側の端面はA B S面の一部を構成していることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記上電極層のA B S面側の端面はA B S面より後方に位置していることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記上電極層は第1および第2の上電極層からなり、第1の上電極層は磁気抵抗効果膜上の、磁気抵抗効果膜とほぼ同一の領域に形成され、第2の上電極層は前記下電極層の上方に形成されて下面の一部が前記第1の上電極層の上面に接していることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記下電極層と前記第2の上電極層との間に絶縁層が介在していることを特徴とする請求項4記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 基体上に前記下シールド層が形成され、前記下電極層は前記下シールド層上的一部の領域に延在していることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 基体上に前記下シールド層が形成され、前記下シールド層上に前記下ギャップ層が形成され、前記下電極層は、前記下ギャップ層の上的一部の領域に延在していることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記上電極層の上に上シールド層が形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 前記上電極層と前記上シールド層との間に上ギャップ層が介在していることを特徴とする請求項8記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 前記磁気抵抗効果膜の両側部の前記下電極層上に、少なくとも一部が磁気抵抗効果膜に接して縦バイアス層が形成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 前記磁気抵抗効果膜は強磁性トンネル接合膜により構成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項12】 前記磁気抵抗効果膜は、前記下電極層上に形成されたフリー層、前記フリー層の上に形成された非磁性層、前記非磁性層の上に形成された固定層、な

らびに前記固定層の上に形成され前記固定層における磁化の方向を固定する固定化層により構成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項13】 前記磁気抵抗効果膜は、前記上電極層下に形成されたフリー層、前記フリー層の下に形成された非磁性層、前記非磁性層の下に形成された固定層、ならびに前記固定層の下に形成され前記固定層における磁化の方向を固定する固定化層により構成されていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項14】 下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上的一部の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有する磁気抵抗効果素子を製造する方法であって、

前記下電極層上に、前記磁気抵抗効果膜の箇所を除いて絶縁層を形成し、

前記磁気抵抗効果膜および前記絶縁層の上にフォトレジストを用いたパターン化により、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在する前記上電極層を形成することを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項15】 前記上電極層はミリングまたはリフトオフの手法によりパターン化することを特徴とする請求項14記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項16】 下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上的一部の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有し、前記上電極層が、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在している磁気抵抗効果素子を備え、さらに、前記下電極層と前記上電極層との間に通電する通電手段と、

前記通電手段によって前記下電極層と前記上電極層との間に流れる電流にもとづき前記磁気抵抗効果素子の抵抗率の変化を検出する抵抗率検出手段とを備えたことを特徴とする磁気抵抗検出システム。

【請求項17】 下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上的一部の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有し、前記上電極層が、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在している磁気抵抗効果素子を備え、さらに、前記下電極層と前記上電極層との間に通電する通電手段と、前記通電手段によって前記下電極層と前記上電極層との間に流れる電流にもとづき前記磁気抵抗効果素子の抵抗率の変化を検出する抵抗率検出手段により構成され、

前記磁気抵抗効果素子は、情報を記録する複数のトラッ

クが形成された磁気記録媒体の情報記録面に近接して配置され、駆動手段によって、選択された前記トラックの位置へ移動されることを特徴とする磁気記録システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁界の強さに応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子と、その製造方法、および磁気抵抗効果素子を用いた磁気抵抗検出システム、ならびに同磁気抵抗検出システムにより構成した磁気記録システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】コンピュータを構成するハードディスク装置などでは、従来より磁気抵抗(MR)センサ(磁気抵抗ヘッドなどとも呼ばれる)が用いられ、この磁気抵抗センサによって、磁気記録媒体に高密度で記録された情報を読み取ることが可能となっている。磁気抵抗センサは磁気抵抗効果素子により構成され、磁気抵抗効果素子は周囲の磁界の強さおよび磁界の方向によってその抵抗値が変化するが、磁気抵抗効果素子に電流を流しておけば、抵抗値の変化により電流の大きさが変化する結果、磁気記録媒体に記録された情報を電流信号として取得することができる。

【0003】詳しくは、磁気抵抗効果素子は異方性磁気抵抗(AMR)効果にもとづいて動作し、磁気抵抗効果素子の抵抗の1成分が、素子の磁化方向と素子中を流れる感知電流の方向とが成す角度の余弦の2乗に比例して変化する。AMR効果については、D. A. トムソン(Thompson)らの論文「Memory, Storage, and Related Applications」(IEEE Trans. on Mag. MAG-11, p. 1039 (1975))に詳しく記載されている。

【0004】AMR効果を用いた磁気抵抗センサではバルクハウゼンノイズが発生するが、このノイズを押えるために縦バイアスを印加することが多い。この縦バイアスは、たとえばFeMn、NiMn、ニッケル酸化物などの反強磁性材料を用いて印加される。なお、FeMnおよびNiMnは化学記号であり、ここでは、適宜、化学記号や元素記号を用いて表現の簡素化を図る。

【0005】さらに最近では、「巨大磁気抵抗効果」や「スピニ・バルブ効果」などと呼ばれる磁気抵抗効果が報告されている。この磁気抵抗効果はより顕著であり、積層磁気抵抗センサの抵抗変化が、非磁性層を介する磁性層間での電導電子のスピニ依存性伝送、およびそれに付随する層界面でのスピニ依存性散乱によって生じる正されている。このような磁気抵抗効果を呈する磁気抵抗センサでは、非磁性層で分離された1対の強磁性層の間の平面内抵抗が、2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化し、AMR効果を利用するセンサよりも感度が高く、抵抗変化が大きい。

【0006】また、特開平2-61572号公報には、磁性層内の磁化の反平行整列によって高い磁気抵抗効果を生じる積層磁性構造が開示されている。この積層構造は強磁性の遷移金属および合金により構成され、中間層により分離した少なくとも2層の強磁性層の一方に固定化層を付加した構造となっている。固定化層としてはFeMnが適当であるとされている。

【0007】さらに、特開平4-358310号公報には、非磁性金属体の薄膜層によって仕切られた強磁性体の2層の薄膜層を有し、印加磁界が零である場合に2つの強磁性薄膜層の磁化方向が直交し、2つの非結合強磁性体層間の抵抗が2つの層の磁化方向間の角度の余弦に比例して変化して、センサ中を流れる電流の方向とは独立な磁気抵抗センサが開示されている。

【0008】そして、特開平6-203340号公報には、非磁性金属材料の薄膜層で分離された2つの強磁性体の薄膜層を含み、外部印加磁界がゼロのとき、反強磁性体層の磁化が隣接する強磁性体層に対して垂直に保たれる、上記の効果に基づく磁気抵抗センサが開示されている。

【0009】また、強磁性トンネル接合を用いた再生用の磁気抵抗センサの構造については、特開平10-162327号公報に開示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】図15は従来の磁気抵抗センサを構成する磁気抵抗効果素子の一例を示す断面側面図、図16は図15の磁気抵抗効果素子を構成する下電極層および上電極層を示す平面図である。なお、図15は図16におけるCC'線に沿った断面図である。この磁気抵抗効果素子102では、不図示の基体上に形成した下シールド層104の上に下ギャップ層106を介して下電極層108が形成され、その上に磁気抵抗効果膜110が形成されている。上電極層112は第1および第2の上電極層114、116から成り、第1の上電極層114は磁気抵抗効果膜110の上に磁気抵抗効果膜110に直接接して形成され、第2の上電極層116はその上に形成されている。第2の上電極層112の上には上ギャップ層113が形成され、さらにその上には上シールド層115が形成されている。

【0011】図15における左側の端面がABS(Air Bearing Surface)面であり、磁気記録媒体から情報を読み取る際は、このABS面118が磁気記録媒体の表面との間にわずかな隙間を形成して対向する状態で磁気抵抗効果素子102が配置される。

【0012】このような構造の磁気抵抗効果素子102を製造する際、下電極層108は次の(1)または(2)の工程によって形成される。

(1) 下ギャップ層106の上全体に下電極層108とする下電極膜を成膜し、その後、下電極膜の上にフォトレジスト層を形成してミリングすることで本来の形状に

パターン化し、つづいて剥離剤の溶液を用いてフォトレジスト層を除去する。

(2) 下ギャップ層106上にリフトオフ用のフォトレジスト層を形成した上で、下電極層108とする下電極膜を形成し、その後、剥離剤の溶液を用いてフォトレジストを除去する(リフトオフ)。図17は一例として上記(1)の方法により下電極層108をパターン化した直後の状態の磁気抵抗効果素子102を示す断面側面図である。このパターン化の工程の後、上述のように下電極層108上のフォトレジスト層120は、剥離剤により除去される。

【0013】しかし、このとき下電極層108の縁部122は、フォトレジストが溶解した剥離剤の溶液に曝されることになる。その結果、従来、下電極層108の縁部122がフォトレジストが溶解した剥離剤溶液により腐食される場合があった。そのため下電極層108の縁部122ではラフネスが極度に増大し、そのラフネスの程度は最大で数百nmにまで達する場合があった。

【0014】上記(2)の方法により下電極層108を形成する場合にも、リフトオフ用のフォトレジストを剥離剤溶液によって除去する際に、下電極層108の縁部122は同様に、剥離したフォトレジストが溶解した剥離剤溶液に曝されることになり、(1)の方法を用いた場合と同じ問題が発生する。

【0015】図15、図16から分かるよう、下電極層108の縁部122の上方には絶縁層124を介して第2の上電極層116が延在しており、上述のように下電極層周端部のラフネスが増大すると、下電極層周端部とその上方の第2の上電極層116との間で電気的な短絡が発生し易くなり、従来、実際にそのような不具合が生じていた。このような短絡が発生すると、上電極層112および下電極層108間に通電しても、センス電流は磁気抵抗効果膜110ではなく電極間の短絡部を通じて流れてしまい、磁界による磁気抵抗効果膜110の抵抗値の変化を効果的に検出することは困難となる。したがって、製造歩留まりが低下してコスト高となったり、検出感度が低く性能が不十分な磁気抵抗効果素子しか得られない結果となる。

【0016】本発明はこのような問題を解決するためになされたもので、その目的は、製造時に電極間の短絡が発生しない構造の磁気抵抗効果素子およびその製造方法を提供し、さらに、電極間の短絡の問題を解決した磁気抵抗効果素子を用いて低コスト化および高性能化を図った磁気抵抗検出システムおよび磁気記録システムを提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するため、下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上の一部の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極

層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有する磁気抵抗効果素子であって、前記上電極層は、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在していることを特徴とする。

【0018】また、本発明は、下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上の一部の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有する磁気抵抗効果素子を製造する方法であって、前記下電極層上に、前記磁気抵抗効果膜の箇所を除いて絶縁層を形成し、前記磁気抵抗効果膜および前記絶縁層の上にフォトレジストを用いたパターン化により、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在する前記上電極層を形成することを特徴とする。

【0019】また、本発明の磁気抵抗検出システムは、下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上の一部の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有し、前記上電極層が、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在している磁気抵抗効果素子を備え、さらに、前記下電極層と前記上電極層との間に通電する通電手段と、前記通電手段によって前記下電極層と前記上電極層との間に流れる電流にもとづき前記磁気抵抗効果素子の抵抗率の変化を検出する抵抗率検出手段とを備えたことを特徴とする。

【0020】また、本発明の磁気記録システムは、下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上の一部の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有し、前記上電極層が、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在している磁気抵抗効果素子を備え、さらに、前記下電極層と前記上電極層との間に通電する通電手段と、前記通電手段によって前記下電極層と前記上電極層との間に流れる電流にもとづき前記磁気抵抗効果素子の抵抗率の変化を検出する抵抗率検出手段により構成され、前記磁気抵抗効果素子は、情報を記録する複数のトラックが形成された磁気記録媒体の情報記録面に近接して配置され、駆動手段によって、選択された前記トラックの位置へ移動されることを特徴とする。

【0021】本発明の磁気抵抗効果素子および本発明の製造方法により製造した磁気抵抗効果素子では、上述のように前記上電極層が、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在しているので、下電極層の縁部が、製造時にフォトレジストが溶解した剥離剤溶液に曝

されてラフネスが増大したとしても、下電極層の縁部上方には上電極層は存在せず、したがって、下電極層と上電極層との間の電気的な短絡は発生しない。その結果、製造歩留まりが向上すると共に検出感度の高い高性能の磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【0022】また、本発明の磁気抵抗検出システムでは、磁界の強さや方向の変化により磁気抵抗効果膜の抵抗率が変化し、その結果、通電手段によって下電極層と上電極層との間に流れる電流の大きさが変化する。抵抗率検出手段は、この電流変化にもとづいて抵抗率の変化を検出する。そして、本発明の磁気抵抗検出システムは、本発明の磁気抵抗効果素子と同一構造の磁気抵抗効果素子により構成されているため、磁気抵抗効果素子の製造歩留まりが高いことから低コスト化が可能であり、また、磁気抵抗効果素子の電極間の短絡がないので高性能化を実現できる。

【0023】また、本発明の磁気記録システムでは、磁気記録媒体の情報記録面に近接して配置された磁気抵抗効果素子は、駆動手段によって、選択されたトラックの位置へ移動され、必要な情報の読み取りが行われる。本発明の磁気記録システムを構成する磁気抵抗検出システムは上記本発明の磁気抵抗検出システムと同一構成であるため、本発明の磁気記録システムでも本発明の磁気抵抗検出システムと同様の効果が得られ、低コスト化、および磁気記録媒体からの情報読み取り感度の点で高性能化を実現できる。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】次に本発明の実施の形態例について図面を参照して説明する。図1の(A)は本発明による磁気抵抗効果素子の一例を示す断面側面図、(B)は同磁気抵抗効果素子を構成する下電極層および上電極層を示す平面図、図2は磁気抵抗効果膜近傍を詳しく示す、図1の(A)のAA'線に沿った断面側面図である。なお、図1の(A)は図1の(B)におけるBB'線に沿った断面図である。図1、図2に示したように本実施の形態例の磁気抵抗効果素子2は、不図示の基体上に延在する下シールド層4の上に下ギャップ層6を介して形成された下電極層8と、下電極層8上的一部分の領域に形成された磁気抵抗効果膜10と、下電極層8の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜10の上面に接して延在する上電極層12とを有している。

【0025】図1における左側の端面がABS面14であり、ABS面14は上記各層の左側の端面により形成されている。上電極層12は第1および第2の上電極層22、24からなり、第1の上電極層22は磁気抵抗効果膜10上の、磁気抵抗効果膜10とほぼ同一の領域に形成され、第2の上電極層24は絶縁層35を介して下電極層8の上方に形成されて下面26の一部が第1の上電極層22の上面28に接している。そして、図1の(A)および(B)に示したように、第2の上電極層2

4は、平面視において全体が下電極層8の形成領域内に延在している。上記上電極層12の上には、上ギャップ層30を介して上シールド層31が形成されている。

【0026】磁気抵抗効果膜10は強磁性トンネル接合膜により構成され、詳しくは図2に示したように、下電極層8上に形成されたフリー層32、フリー層32の上に形成された非磁性層34、非磁性層34の上に形成された固定層36、ならびに固定層36の上に形成され固定層36における磁化の方向を固定する固定化層38により構成されている。また、磁気抵抗効果膜10の両側部の下電極層8上には、図2に示したように、少なくとも一部が磁気抵抗効果膜10に接して縦バイアス層40が形成されている。

【0027】次に、本発明の磁気抵抗効果素子の製造方法の実施の形態例について説明する。上記磁気抵抗効果素子2は以下に示す手順により製造することができる。図3ないし図8は実施の形態例の磁気抵抗効果素子の製造方法における各工程を示す平面図である。なお、図中、図1、図2と同一の要素には同一の符号が付されている。

(工程1) 下シールド層4を成膜し、その上にフォトレジストを形成して、ミリングまたはリフトオフにより図3の(A)に示した形状に下シールド層4をパターン化する。図3の(A)において、太線で囲まれている範囲がこの工程でパターン化された範囲である。なお、図3ないし図8の各図面では、太線が各図面により説明する工程で形成される膜などを示している。

【0028】(工程2) つづいてフォトレジスト層7を形成してミリングを行うことで、図3の(B)に示したように、下電極層8をパターン化する。

【0029】(工程3) その後、図4の(A)に示したように、下電極層8上にリフトオフフォトレジストを形成し、下電極厚付け層9を成膜した後、リフトオフして、下電極層8を完成させる。

(工程4) そして、縦バイアス膜を成膜した後、パターン化のためのフォトレジスト層を形成し、図4の(B)に示した形状にミリングする。フォトレジストを除去してパターン化した縦バイアス層40を得る。

(工程5) つづいて、磁気抵抗効果膜10および第1の上電極層22を成膜する。磁気抵抗効果膜パターン化のためのフォトレジストをまず形成し、磁気抵抗効果膜10を非磁性層までミリングした後、フォトレジストを除去する(図5の(A))。

【0030】(工程6) フォトレジストを形成し、非磁性層34、フリー層32、絶縁層35(図2)をミリングし、フォトレジストを除去する(図5の(B))。

(工程7) 第2の上電極層リフトオフ用フォトレジストを形成し、第2の上電極層24を成膜した後、リフトオフする(図6の(A))。ここで、第2の上電極層24は、平面視において全体が下電極層8の形成領域内に

延在するようにパターン化する。

(工程8) 上電極厚付け層リフトオフ用フォトレジストを形成し、厚付け層25を成膜した後にリフトオフする(図6の(B))。

(工程9) 絶縁厚付け層リフトオフ用フォトレジストを形成し、厚付け層27を成膜した後、リフトオフする(図7の(A))。

(工程10) 上ギャップ層30を成膜し、電極穴開け用フォトレジストを形成し、電極が露出するまでミリングした後、フォトレジストを除去し、電極露出部29を形成する(図7の(B))。

(工程11) 次に、基体を適当な大きさに切断加工した後に、図8に示したようにABS面14が露出するまで基体ごと研磨する。なお、この磁気抵抗効果素子2を磁気記録再生ヘッドに用いる場合には上記工程11において適切な形態の記録ヘッド部を形成する。また、装置として組み上げた状態で、磁気記録再生ヘッドとして動作する際に最適な飛行姿勢をとるようにABS面14を適当な形状に加工し、サスペンションに組み込み、さらに下電極層8、上電極層12などの配線を施すことになる。

【0031】このように、本実施の形態例の磁気抵抗効果素子、および本実施の形態例の製造方法により製造した磁気抵抗効果素子では、上電極層12(第1および第2の上電極層22、24)は、平面視において全体が下電極層8の形成領域内に延在しているので、下電極層8の縁部が、製造時にフォトレジストが溶解した剥離剤溶液に曝されてラフネスが増大したとしても、下電極層8の縁部上方には上電極層12は存在せず、したがって、下電極層8と上電極層12との間の電気的な短絡は発生しない。その結果、製造歩留まりが向上すると共に検出感度の高い高性能の磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【0032】なお、上述した磁気抵抗効果素子2の構造では、仮に図1の(A)および図2において上電極から下電極へと電流を流したとすると、電流は第2の上電極層24から第1の上電極層22、固定化層38、固定層36、非磁性層34、ならびにフリー層32を順次通過し、下電極層8へと流れる。この際、縦バイアス層40はフリー層32、絶縁層35、ならびに非磁性層34により固定層36より上の層と電気的に絶縁されているので、電流の流れ方に関与することはない。

【0033】また、この構造では、縦バイアス層40はフリー層32に接しているので、縦バイアス層40からの縦バイアスはフリー層32に十分に印加されることになる。したがって、磁気抵抗効果膜10にセンス電流を確実に流すことと、フリー層32に縦バイアスを正しく印加することを両立させることができる。

【0034】本発明の磁気抵抗効果素子は、上述したような構造の磁気抵抗効果素子2に限らず、種々の構造を

有する磁気抵抗効果素子に適用してその効果を発揮する。図9の(A)および(B)はそれぞれ下電極層および上電極層の他の形態を示す平面図である。上記第2の上電極層24は、図1の(B)に示したように、ABS面14に近い箇所で、磁気抵抗効果膜10の形状に応じて細くした形状となっているが、第2の上電極層24はこのような形状とする以外にも、図9の(A)に示したように、磁気抵抗効果膜10の箇所でも特に細くせず、ABS面14側の端面のほぼ全体がABS面として露出する形状とすることも可能である。また、図9の(B)に示したように、第2の上電極層24は下電極層8上の中央部に配置することも可能である。さらに、第1および第2の上電極層22、24は、そのABS面14側の端面が、ABS面よりやや後方(図9では下方)に位置するように形成することも可能である。

【0035】また、上記実施の形態例では下シールド層4の上に下ギャップ層6を介して下電極層8が形成されているとしたが、下ギャップ層6を排除して下シールド層4の上に直接下電極層を形成する構成としてもよい。上ギャップ層30についても同様に削除することができる。

【0036】そして、フリー層32とフリー層32に接する下電極層8や縦バイアス層40との間に下地層を設けたり、固定化層38と上電極層12との間に上部層を設ける構造とすることもできる。また、上電極層12は上記実施の形態例では第1および第2の上電極層22、24により構成したが、第1の上電極層22を省略して第2の上電極層24のみを備えた構造とすることも可能である。さらに、磁気抵抗効果膜10自体についても、上記磁気抵抗効果膜10に限らず種々の構造のものを用いることができる。

【0037】図10は磁気抵抗効果膜10の構造が異なる他の実施の形態例の磁気抵抗効果素子を示す断面側面図である。図10は図2に対応しており、図中、図2などと同一の要素には同一の符号が付されている。図10に示した磁気抵抗効果素子42では、フリー層32および非磁性層34が、固定層36などの両側部において固定層36などに比較的近い領域にのみ形成されている。

【0038】図11は磁気抵抗効果膜10の構造が異なるさらに他の実施の形態例の磁気抵抗効果素子を示す断面側面図である。図11は図2に対応しており、図中、図2などと同一の要素には同一の符号が付されている。図11に示した磁気抵抗効果素子44では、フリー層32および非磁性層34の形成領域がさらに狭く、フリー層32および非磁性層34が、縦バイアス層40の、固定層側の端部の位置までしか形成されていない。なお、これら磁気抵抗効果素子42、44は、図1の(A)と同じ断面における構造は磁気抵抗効果素子2と同じである。

【0039】本発明はこのような構造の磁気抵抗効果素

子42、44に対しても適用でき、磁気抵抗効果素子2の場合と同様、本発明にもとづき、図1の(A)および(B)に示したように、第2の上電極層24を、平面視において全体が下電極層8の形成領域内に延在するよう形成することで、電極間の短絡を防止することができる。

【0040】図12は本発明の磁気抵抗効果素子の他の実施の形態例を示す断面側面図である。図12は図2に対応しており、図中、図2などと同一の要素には同一の符号が付されている。図12に示した磁気抵抗効果素子46では、下電極層8の上に固定化層38が形成され、その上に固定層36、非磁性層34、ならびにフリー層32がこの順番で形成されている。

【0041】そして、フリー層32の両側の非磁性層34上には絶縁層35が形成され、その上に縦バイアス層40が形成されている。フリー層32および縦バイアス層40の上には、上電極層12、上ギャップ層30、上シールド層31が順次積層されている。このような磁気抵抗効果素子46の構造も、上述した磁気抵抗効果素子2の構造と同様、磁気抵抗効果素子の構造として代表的なものであり、下電極層8上に上述のような磁気抵抗効果膜10を形成する場合にも、本発明にもとづき、図1の(A)および(B)に示したように、第2の上電極層24を、平面視において全体が下電極層8の形成領域内に延在するよう形成することで、電極間の短絡を防止することができる。

【0042】なお、この構造では、仮に図12において上電極から下電極へと電流を流したとすると、電流は上電極層12からフリー層32、非磁性層34、固定層36、固定化層38を順次通過し、下電極層8へと流れれる。この際、縦バイアス層40は絶縁層35および非磁性層34により固定層36以下の層と電気的に絶縁されているので、電流の流れ方に関与することはない。また、この構造では、縦バイアス層40はフリー層32に接しているので、縦バイアス層40からの縦バイアスはフリー層32に十分に印加されることになる。したがって、磁気抵抗効果膜10にセンス電流を確実に流すことと、フリー層32に縦バイアスを正しく印加することを両立させることができる。

【0043】なお、磁気抵抗効果素子46は、ギャップ層を含む構造となっているが、下シールド層4と下電極層8との間、および上シールド層と上電極層12との間の下ギャップ層6および上ギャップ層30を削除した構造とすることも可能であり、その場合にも本発明はその効果を発揮する。

【0044】また、フリー層32に接する上電極層12や縦バイアス層40との間に上部層を設けたり、固定化層38と下電極層8との間に下地層を設ける構造とすることもできる。さらに磁気抵抗効果素子46では、磁気抵抗効果膜10を構成する4つの層のうち、フリー層3

2のみがパターン化されているが、少なくともフリー層32がパターン化されればよく、他の層についてはどこまでパターン化するかは適宜選択することができる。縦バイアス層40を酸化物材料により形成した場合は、縦バイアス層40自体が絶縁体となるので、縦バイアス層40の下に位置する絶縁層35は省略することもできる。これら磁気抵抗効果素子42、44、46も、図3ないし図8を参照して説明した製造方法と基本的に同様の工程により製造することができる。

【0045】磁気抵抗効果素子2などを構成する各層は、具体的には次のような材料により形成することができる。

(1) 基体：アルチック、SiC、アルミナ、アルチック／アルミナ2層、SiC／アルミナ2層。

(2) 下シールド層4：NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトから成る単層膜または多層膜、あるいは、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

【0046】(3) 下電極層8：Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Pt、Taから成る単層膜または多層膜、および、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

(4) 上電極層12：Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Pt、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Taから成る単層膜または多層膜、あるいは、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

(5) 上シールド層31：NiFe、CoZr、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金、FeAlSi、窒化鉄系材料、MnZnフェライト、NiZnフェライト、MgZnフェライトから成る単層膜または多層膜、あるいは、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

【0047】(6) 絶縁層35：Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライカーボンから成る単層膜または多層膜、あるいは、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

(7) 下ギャップ層6：Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライカーボンから成る単層膜または多層膜、あるいは、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

(8) 上ギャップ層30：Al酸化物、Si酸化物、窒化アルミニウム、窒化シリコン、ダイヤモンドライカーボンから成る単層膜または多層膜、あるいは、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

(9) 上部層: Au、Ag、Cu、Mo、W、Y、Ti、Pt、Zr、Hf、V、Nb、Taから成る単層膜または多層膜、あるいは、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

(10) 織バイアス層40: CoCrPt、CoCr、CoPt、CoCrTa、FeMn、NiMn、Ni酸化物、NiCo酸化物、Fe酸化物、NiFe酸化物、IrMn、PtMn、PtPdMn、ReMn、Coフェライト、Baフェライトから成る単層膜または多層膜、あるいは、これらの混合物から成る単層膜または多層膜。

【0048】また、磁気抵抗効果膜としては、より詳しくは以下の構成のものを用いることができる。

(a) 基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/固定層/固定化層/保護層。

(b) 基体/下地層/固定化層/固定層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層。

(c) 基体/下地層/第1固定化層/第1固定層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー層/第3MRエンハンス層/非磁性層/第4MRエンハンス層/第2固定層/第2固定化層/保護層。

(d) 基体/下地層/固定層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/フリー層/保護層。

(e) 基体/下地層/フリー層/第1MRエンハンス層/非磁性層/第2MRエンハンス層/固定層/保護層。

【0049】磁気抵抗効果膜の上記下地層の材料としては、金属、酸化物、窒化物から成る単層膜、混合物膜、または多層膜を用いることができる。具体的には、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、Vおよびこれらの材料の酸化物あるいは窒化物から成る単層膜、混合物膜、または多層膜を用いる。添加元素として、Ta、Hf、Zr、W、Cr、Ti、Mo、Pt、Ni、Ir、Cu、Ag、Co、Zn、Ru、Rh、Re、Au、Os、Pd、Nb、Vを用いることもできる。なお、下地層を含まない構造とすることも可能である。

【0050】また、フリー層32の材料としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることができる。

【0051】非磁性層34は、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物による単層膜、もしくは金属/酸化物2層膜、金属/窒化物2層膜、金属/(酸化物と窒化物との混合物)2層膜とすることができます。具体的には、

Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単層膜または多層膜、あるいはこれらの混合物の単層膜または多層膜としたり、またはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単層膜または多層膜、あるいはこれらの混合物の単層膜または多層膜との積層膜が有力な候補となる。

【0052】上記第1および第2MRエンハンス層にはCo、NiFeCo、FeCo等、またはCoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることができる。MRエンハンス層を用いない場合は、用いた場合に比べて若干MR比が低下するが、用いない分だけ作製に要する工程数は低減する。

【0053】固定層36としては、NiFe、CoFe、NiFeCo、FeCo、CoFeB、CoZrMo、CoZrNb、CoZr、CoZrTa、CoHf、CoTa、CoTaHf、CoNbHf、CoZrNb、CoHfPd、CoTaZrNb、CoZrMoNi合金またはアモルファス磁性材料を用いることができる。または、これらの材料と、Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vをベースとするグループから成る単体、合金、または積層膜とを組み合わせた積層膜を用いることも可能である。固定層36の具体的な構成としては、Co/Ru/Co、CoFe/Ru/CoFe、CoFeNi/Ru/CoFeNi、Co/CoCr/Co、CoFe/Cr/CoFe、CoFeNi/Cr/CoFeNiが有力な候補である。

【0054】固定化層38の材料としては、FeMn、NiMn、IrMn、RhMn、PtPdMn、ReMn、PtMn、PtCrMn、CrMn、CrAl、TbCo、Ni酸化物、Fe酸化物、Ni酸化物とCo酸化物の混合物、Ni酸化物とFe酸化物の混合物、Ni酸化物/Co酸化物2層膜、Ni酸化物/Fe酸化物2層膜、CoCr、CoCrPt、CoCrTa、PtCoなどを用いることができる。PtMnもしくはPtMnにTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Taを添加した材料は有力な候補である。

【0055】上記保護層としては、酸化物、窒化物、酸化物と窒化物の混合物もしくは金属／酸化物2層膜、金属／窒化物2層膜、金属／（酸化物と窒化物との混合物）2層膜、を用いる。Ti、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単層膜または多層膜、あるいはこれらの材料の混合物による単層膜または多層膜、あるいはこれらとTi、V、Cr、Co、Cu、Zn、Y、Zr、Nb、Mo、Tc、Ru、Rh、Pd、Ag、Hf、Ta、W、Re、Os、Ir、Pt、Au、Si、Al、Ti、Ta、Pt、Ni、Co、Re、Vの酸化物および窒化物の単層膜または多層膜、あるいはこれらの材料の混合物による単層膜または多層膜との積層膜が有力な候補となる。保護層は用いない場合もある。

【0056】次に、本発明の磁気抵抗検出システムの実施の形態例について説明する。図13は実施の形態例の磁気抵抗検出システムを示す斜視図である。図13に示した本実施の形態例の磁気抵抗検出システムは具体的には磁気記録再生ヘッド48であり、基体50上に再生ヘッド52と、磁極54、コイル56、ならびに上磁極58からなる記録ヘッド60とを配設して構成されている。再生ヘッド52は具体的には上述した磁気抵抗効果素子2により構成されている。

【0057】不図示の磁気記録媒体の情報記録再生面は再生ヘッド52のABS面62に対向して近接配置され、上記記録ヘッド60によって情報が磁気的に記録され、一方、再生ヘッド52によって磁気記録媒体に記録された情報が読み取られ、その電気信号が再生ヘッド52より出力される。図13に示したように、再生ヘッド52のABS面62と、記録ヘッド60の磁気ギャップ64とが同一基体50（スライダ）上に重ねて近接配置されているため、磁気記録媒体に形成された同一トラックに、記録ヘッド60と再生ヘッド52とを同時に位置決めすることができる。

【0058】再生ヘッド52を構成する磁気抵抗効果素子の下電極層と上電極層との間には、不図示の配線を通じ通電手段61によって電流が流され、磁気記録媒体の情報記録単位における漏れ磁界の変化によって磁気抵抗効果素子2の抵抗値が変化することから、上記電流が変化する。抵抗率検出手段63は、この電流の変化にもとづき磁気抵抗効果素子の抵抗率の変化を検出し、この検出結果が磁気記録媒体から読み取られた情報となる。

【0059】このような磁気記録再生ヘッド48は、上述のように本発明の磁気抵抗効果素子により構成されているため、磁気抵抗効果素子の製造歩留まりが高いことから低コスト化が可能であり、また、磁気抵抗効果素子の電極間の短絡がないので高性能化を実現できる。

【0060】次に、本発明の磁気記録システムの実施の形態例について説明する。図14は実施の形態例の磁気記録システムを示す斜視図である。図中、図13と同一の要素には同一の符号が付されている。図14に示した磁気記録システム72は、図13に示した磁気記録再生ヘッド48を基板66に固定して構成され、磁気記録再生ヘッド48を構成する再生ヘッド52および記録ヘッド60はそれぞれABS面62および磁気ギャップ64（図13）側が磁気記録媒体68の表面に近接して対向している。具体的には、各ヘッドと磁気記録媒体68の表面とは0.2μm以下の距離、または接触した状態となっている。

【0061】磁気記録媒体68は本実施の形態例では円盤状に形成され、高速に回転している。一方、基板66は不図示の駆動手段によって、磁気記録媒体68の半径方向に移動し、選択されたトラックの位置に位置決めされる。そして、再生ヘッド52は磁気記録媒体68に記録された磁気的情報を、その漏れ磁界70を検出することで読み取り、対応する電気信号を出力する。

【0062】そして、この磁気記録システム72は、上記磁気記録再生ヘッド48を用いて構成されており、したがって、磁気記録システム72でも磁気記録再生ヘッド48と同様の効果が得られ、低コスト化、および磁気記録媒体からの情報読み取り感度の点で高性能化を実現できる。

【0063】

【実施例】上記磁気記録再生ヘッドを試作した際の具体的な材料、寸法、条件などを以下に示す。磁気抵抗効果膜としては、/Ta(3nm)/Ni82Fe18(4nm)/Co90Fe10(0.5nm)/Al酸化物(0.7nm)/Co90Fe10(2nm)/Ru(0.6nm)/Co90Fe10(1.5nm)/Pt46Mn54(12nm)/Ta(3nm)を用いた。

【0064】磁気抵抗効果膜形成後は250°C、5時間の熱処理を成膜時の磁界とは直交する方向に5000eの磁界を印加しつつ行った。ヘッド試作の際の磁気抵抗効果膜のバーナーニングでは、バーナー化は非磁性層の途中で止め、非磁性層の一部（下部）とフリー層はバーナー化しなかった。バーナーニングは磁気抵抗効果膜を通常のミリング装置により0.3Paの純Arガス雰囲気中でミリングすることにより行った。ミリングは膜面に対し垂直な方向から行った。

【0065】磁気記録再生ヘッドの各構成要素としては以下のものを用いた。

・基体……厚さ1.2mmのアルチック上にアルミナを10μm積層したもの。

<再生ヘッド>

・下シールド層……Co89Zr4Ta4Cr3(1μm)組成はat%、以下同じ)。

- ・下ギャップ層……アルミナ (20 nm)。
- ・下ギャップ厚付け層……アルミナ (40 nm)。
- ・下電極層……Ta (1.5 nm) / Cu (40 nm) / Ta (3 nm)。
- ・下電極厚付け層……Ta (1.5 nm) / Au (40 nm) / Ta (3 nm)。
- ・絶縁層……アルミナ (40 nm)。
- ・縦バイアス層……Cr (10 nm) / Co 74.5 Cr 10.5 Pt 15 (24 nm) 第1上電極層……Ta (20 nm)。
- ・第2の上電極層……Ta (1.5 nm) / Au (40 nm) / Ta (3 nm)。
- ・上電極厚付け層……Ta (1.5 nm) / Au (40 nm) / Ta (3 nm)。
- ・上ギャップ層……アルミナ (40 nm)。
- ・上ギャップ厚付け層……アルミナ (40 nm)。
- ・上シールド層……記録ヘッド下ポールと共に (共通ポール)。

## 【0066】&lt;記録ヘッド&gt;

- ・共通ポール下地……Ni 82 Fe 18 (90 nm)。
- ・共通ポール……Ni 82 Fe 18 (2.5 μm) / Co 65 Ni 12 Fe 23 (0.5 μm)。
- ・記録ギャップ……アルミナ (0.2 μm)。
- ・ギャップ厚付け……アルミナ (0.7 μm)。
- ・コイル下地……Cr (30 nm) / Cu (150 nm)。
- ・コイル……Cu (4.5 μm)。
- ・上ポール下地……Ti (10 nm) / Co 65 Ni 12 Fe 23 (0.1 μm)。
- ・上ポール……Co 65 Ni 12 Fe 23 (0.5 μm) / Ni 82 Fe 18 (3.5 μm)。
- ・端子下地……Cr (30 nm) / Cu (150 nm)。
- ・端子……Cu (50 μm)。
- ・オーバーコート……アルミナ (52 μm)。
- ・金端子下地……Ti (10 nm) / Ni 82 Fe 18 (0.1 μm)。
- ・金端子……Au (3 μm)。

【0067】再生ヘッドおよび記録ヘッドの作成手順は以下の通りとした。

## [1] 再生ヘッド

再生ヘッド部作成基板洗浄→下シールド成膜及びアーチル→アライメントマーク形成 (PR形成→バターンニング→レジスト除去) →下シールドバターンニング (PR形成→テーパー加工→レジスト除去) →下ギャップ形成 (PR形成→成膜→リフトオフ) →下ギャップ厚付け (PR形成→成膜→リフトオフ) →下電極形成 (成膜→PR形成→ミリング→PR除去) →下電極厚付け形成 (PR形成→成膜→リフトオフ) →縦バイアス膜形成 (PR形成→成膜→リフトオフ) →磁気抵抗効果素子及

び第1上電極形成 (磁気抵抗効果膜成膜→第1上電極成膜→PR形成→磁気抵抗効果の下地層までミリング、同時に磁気抵抗効果素子側面に再付着物形成) →磁気抵抗効果素子側端面の再付着物に対する調整ミリング→磁気抵抗効果素子のABS面と反対側端面の再付着物に対する調整ミリング→絶縁層形成 (成膜→リフトオフ) →絶縁層およびバリア層穴あけ (PR形成→ミリング→PR除去) →第2上電極形成 (PR形成→成膜→リフトオフ) →ポールハイドモニター形成 (PR形成→成膜→リフトオフ) →上電極厚付け (PR形成→成膜→リフトオフ) →上ギャップ形成 (PR形成→成膜→リフトオフ) →上ギャップ厚付け形成 (PR形成→成膜→リフトオフ)。

## 【0068】[2] 記録ヘッド

共通ポール形成 (第2下地成膜→フレームフォトレジスト形成→共通ポールめつき→カバーフォトレジスト形成→ケミカルエッティング→下地除去) →ポールハイド穴埋めレジスト→ギャップ成膜→ギャップ厚付け形成 (フォトレジスト形成→成膜→リフトオフ) →PW (上ポールと共にポールを磁気的に接続するためのポール) 形成 (フォトレジスト形成→ミリング→フォトレジスト除去) →コイル形成 SC 1 レジスト (コイルの絶縁性を確保するためのレジストその1) 形成→コイル形成 (下地成膜→フォトレジスト形成→コイルめつき→ケミカルエッティング→下地除去) →SC 2 レジスト (コイルの絶縁性を確保するためのレジストその2) 形成→ギャップ調整ミリング→上ポール形成 (下地成膜→フレームレジスト形成→上ポールめつき→めっきアーチル→下地除去→カバーフォトレジスト形成→ケミカルエッティング→下地除去) →端子形成 (下地成膜→フォトレジスト形成→端子めつき→ケミカルエッティング→下地除去) →オーバーコート成膜→端子ラップ→金端子めっき (下地成膜→フォトレジスト形成→金端子めっき→下地除去)。

## 【0069】[3] 後工程

row 切断→ABS面加工ラップ→ABS面 14 への DLC 成膜→スライダ加工→サスペンションへの取り付け。

【0070】このような磁気記録再生ヘッドを用いて CoCrTa 系磁気記録媒体に対して情報の記録、再生を行った。その際、書き込みトラック幅は 3 μm、読み込みトラック幅は 2 μm とした。書き込みヘッド部のコイル部作成時のフォトレジスト硬化工程は 220°C、2 時間とした。媒体の保磁力は 5.0 kOe、MrT は 0.35 memu/cm² とした。上記実施の形態例の磁気抵抗効果素子 2 の構造の磁気抵抗効果素子と、図 15 に示した従来の構造の磁気抵抗効果素子をそれぞれ 100 個ずつ作成し、その良品率を求めた。ここで良品率はヘッド抵抗 4.5~5.0 Ω、再生出力が 3 mV 以上の試作ヘッドの個数を全数 100 個で割った値 (%) と定義した。その結果、従来の構造の磁気抵抗効果素子では良品

率が6.7%であったのに対し、実施の形態例の磁気抵抗効果素子では良品率は8.6%であった。本発明による磁気抵抗効果素子では従来より20%程度良品率が向上したことになる。したがって、上電極が下電極の端部上に形成されない構造をとることにより、下電極縁部のラフネスの増大が製造プロセスを通過することにより上昇しても、上電極と下電極（下電極縁部）とが電気的に短絡することがなくなり、良品率が向上すると結論できる。

【0071】次に本発明を適用して試作した磁気記録システム（磁気ディスク装置）について説明する。試作した磁気記録システムはベース上に3枚の磁気記録媒体（磁気ディスク）を備え、ベース裏面にヘッド駆動回路および信号処理回路と入出力インターフェイスとを收めている。外部とは32ビットのバスラインで接続されている。磁気記録媒体の両面には6個の本発明により磁気記録再生ヘッドが配置されている。

【0072】磁気記録再生ヘッドの駆動手段として、ロータリーアクチュエータ、その駆動および制御回路、ならびにディスク回転用スピンドル直結モータが搭載されている。磁気記録媒体の直径は46mmであり、データ面は直径10mmから40mmまでの範囲を使用する。埋め込みサーボ方式を用い、サーボ面を有しないため高密度化が可能である。本システムは、小型コンピューターの外部記憶装置として直接接続が可能になっている。入出力インターフェイスには、キャッシュメモリを搭載し、転送速度が毎秒5から20メガバイトの範囲であるバスラインに対応する。また、外部コントローラを置き、本システムを複数台接続することにより、大容量の磁気記録システムを構成することも可能である。

### 【0073】

【発明の効果】以上説明したように本発明は、下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上的一部分の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有する磁気抵抗効果素子であって、前記上電極層は、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在していることを特徴とする。

【0074】また、本発明は、下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上的一部分の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有する磁気抵抗効果素子を製造する方法であって、前記下電極層上に、前記磁気抵抗効果膜の箇所を除いて絶縁層を形成し、前記磁気抵抗効果膜および前記絶縁層の上にフォトレジストを用いたパターン化により、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在する前記上電極層を形成することを特徴とする。

【0075】また、本発明の磁気抵抗検出システムは、

下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上的一部分の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有し、前記上電極層が、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在している磁気抵抗効果素子を備え、さらに、前記下電極層と前記上電極層との間に通電する通電手段と、前記通電手段によって前記下電極層と前記上電極層との間に流れる電流にもとづき前記磁気抵抗効果素子の抵抗率の変化を検出する抵抗率検出手段とを備えたことを特徴とする。

【0076】また、本発明の磁気記録システムは、下シールド層の上に、直接または下ギャップ層を介して形成された下電極層と、前記下電極層上的一部分の領域に形成された磁気抵抗効果膜と、前記下電極層の上方に形成され少なくとも下面の一部が磁気抵抗効果膜の上面に接して延在する上電極層とを有し、前記上電極層が、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在している磁気抵抗効果素子を備え、さらに、前記下電極層と前記上電極層との間に通電する通電手段と、前記通電手段によって前記下電極層と前記上電極層との間に流れる電流にもとづき前記磁気抵抗効果素子の抵抗率の変化を検出する抵抗率検出手段により構成され、前記磁気抵抗効果素子は、情報を記録する複数のトラックが形成された磁気記録媒体の情報記録面に近接して配置され、駆動手段によって、選択された前記トラックの位置へ移動されることを特徴とする。

【0077】本発明の磁気抵抗効果素子および本発明の製造方法により製造した磁気抵抗効果素子では、上述のように前記上電極層は、平面視において全体が前記下電極層の形成領域内に延在しているので、下電極層の縁部が、製造時にフォトレジストが溶解した剥離剤溶液に曝されてラフネスが増大したとしても、下電極層の縁部上方には上電極層は存在せず、したがって、下電極層と上電極層との間の電気的な短絡は発生しない。その結果、製造歩留まりが向上すると共に検出感度の高い高性能の磁気抵抗効果素子を得ることができる。

【0078】また、本発明の磁気抵抗検出システムでは、磁界の強さや方向の変化により磁気抵抗効果膜の抵抗率が変化し、その結果、通電手段によって下電極層と上電極層との間に流れる電流の大きさが変化する。抵抗率検出手段は、この電流変化にもとづいて抵抗率の変化を検出する。そして、本発明の磁気抵抗検出システムは、本発明の磁気抵抗効果素子と同一構造の磁気抵抗効果素子により構成されているため、磁気抵抗効果素子の製造歩留まりが高いことから低コスト化が可能であり、また、磁気抵抗効果素子の電極間の短絡がないので高性能化を実現できる。

【0079】また、本発明の磁気記録システムでは、磁

気記録媒体の情報記録面に近接して配置された磁気抵抗効果素子は、駆動手段によって、選択されたトラックの位置へ移動され、必要な情報の読み取りが行われる。本発明の磁気記録システムを構成する磁気抵抗検出システムは上記本発明の磁気抵抗検出システムと同一構成であるため、本発明の磁気記録システムでも本発明の磁気抵抗検出システムと同様の効果が得られ、低コスト化、および磁気記録媒体からの情報読み取り感度の点で高性能化を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)は本発明による磁気抵抗効果素子の一例を示す断面側面図、(B)は同磁気抵抗効果素子を構成する下電極層および上電極層を示す平面図である。

【図2】磁気抵抗効果膜近傍を詳しく示す、図1の(A)におけるAA'線に沿った断面側面図である。

【図3】(A)および(B)は実施の形態例の磁気抵抗効果素子の製造方法における各工程を示す平面図である。

【図4】(A)および(B)は実施の形態例の磁気抵抗効果素子の製造方法における各工程を示す平面図である。

【図5】(A)および(B)は実施の形態例の磁気抵抗効果素子の製造方法における各工程を示す平面図である。

【図6】(A)および(B)は実施の形態例の磁気抵抗効果素子の製造方法における各工程を示す平面図である。

【図7】(A)および(B)は実施の形態例の磁気抵抗効果素子の製造方法における各工程を示す平面図である。

【図8】実施の形態例の磁気抵抗効果素子の製造方法における一工程を示す平面図である。

【図9】(A)および(B)はそれぞれ下電極層および上電極層の他の形態を示す平面図である。

【図10】磁気抵抗効果膜の構造が異なる他の実施の形態例の磁気抵抗効果素子を示す断面側面図である。

【図11】磁気抵抗効果膜の構造が異なるさらに他の実施の形態例の磁気抵抗効果素子を示す断面側面図である。

【図12】本発明の磁気抵抗効果素子の他の実施の形態例を示す断面側面図である。

【図13】実施の形態例の磁気抵抗検出システムを示す斜視図である。

【図14】実施の形態例の磁気記録システムを示す斜視図である。

【図15】従来の磁気抵抗センサを構成する磁気抵抗効果素子の一例を示す断面側面図である。

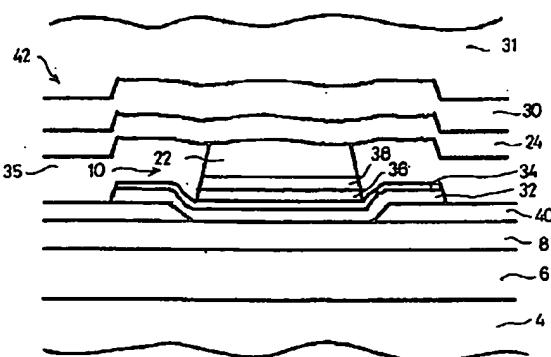
【図16】図15の磁気抵抗効果素子を構成する下電極層および上電極層を示す平面図である。

【図17】下電極層をパターン化した直後の状態の磁気抵抗効果素子を示す断面側面図である。

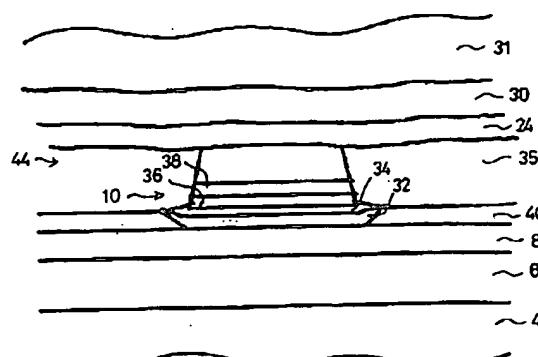
【符号の説明】

2……磁気抵抗効果素子、4……下シールド層、6……下ギャップ層、8……下電極層、10……磁気抵抗効果膜、12……上電極層、14……ABS面、20……縁部、22……第1の上電極層、24……第2の上電極層、26……下面、28……上面、30……上ギャップ層、31……上シールド層、32……フリー層、34……非磁性層、35……絶縁層、36……固定層、38……固定化層、40……縦バイアス層、42……磁気抵抗効果素子、44……磁気抵抗効果素子、46……磁気抵抗効果素子、48……磁気記録再生ヘッド、50……基体、52……再生ヘッド、54……磁極、56……コイル、58……上磁極、60……記録ヘッド、62……ABS面、64……磁気ギャップ、66……基板、68……磁気記録媒体、70……磁界、72……磁気記録システム、102……磁気抵抗効果素子、104……下シールド層、106……下ギャップ層、108……下電極層、110……磁気抵抗効果膜、112……上電極層、114……第1の上電極層、116……第2の上電極層、118……ABS面、120……フォトレジスト層、122……縁部、124……絶縁層。

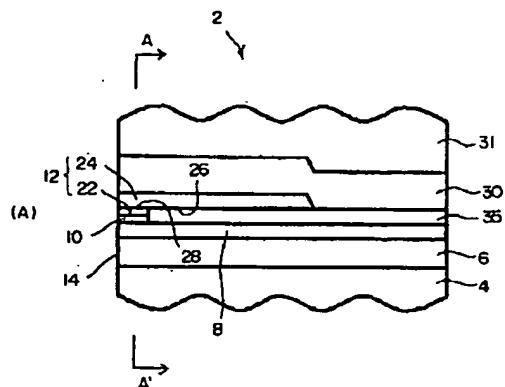
【図10】



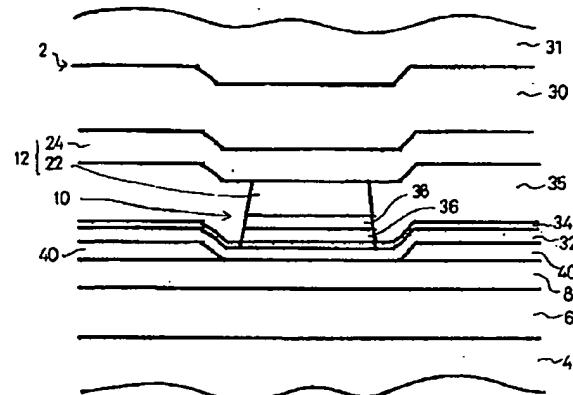
【図11】



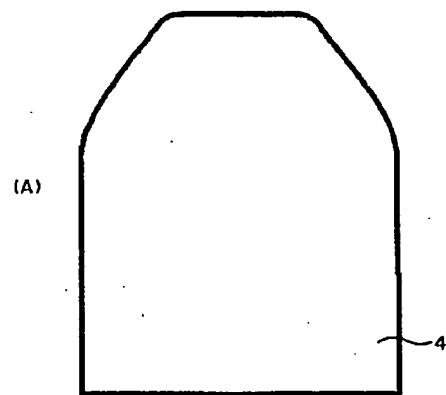
【図1】



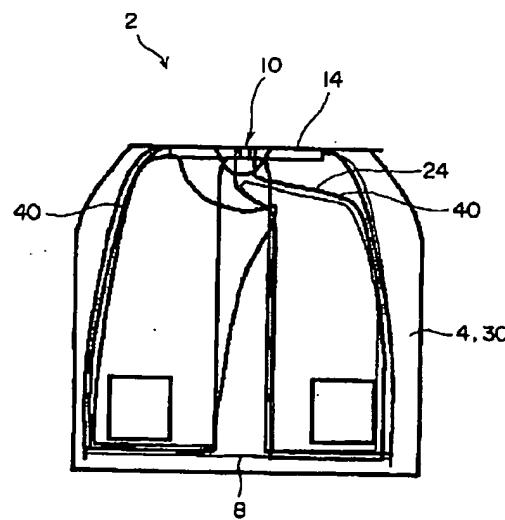
【図2】



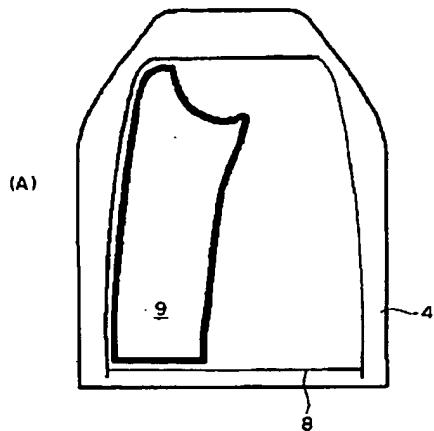
【図3】



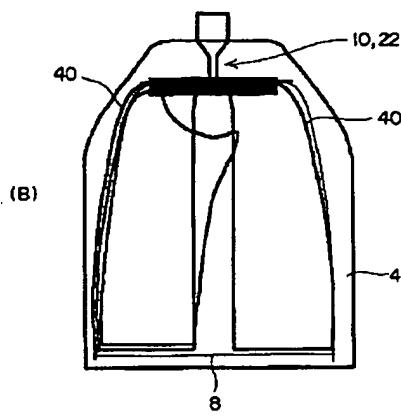
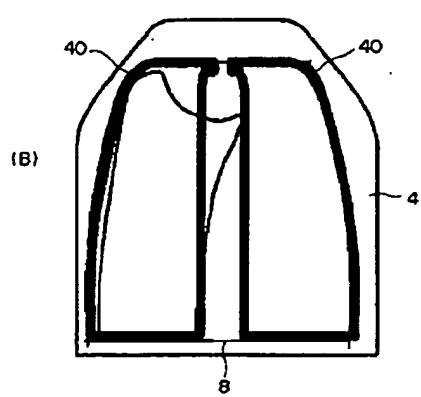
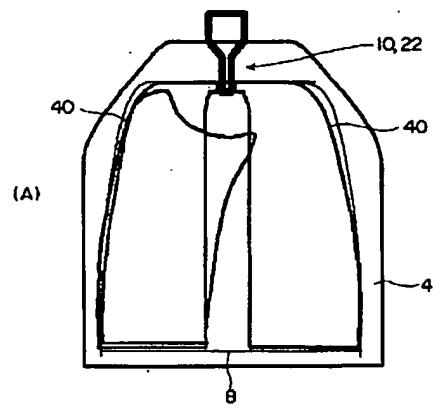
【図8】



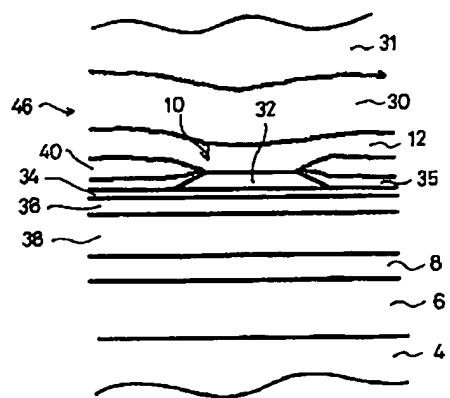
【図4】



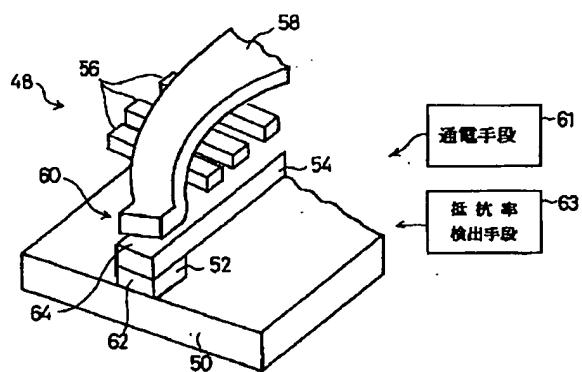
【図5】



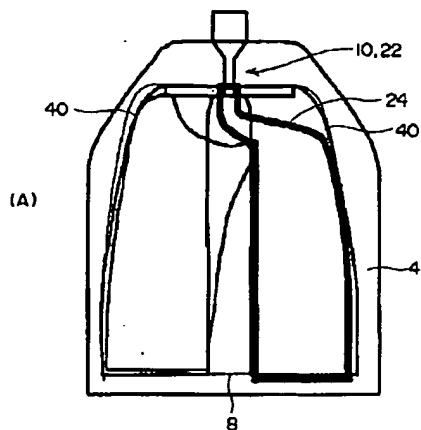
【図12】



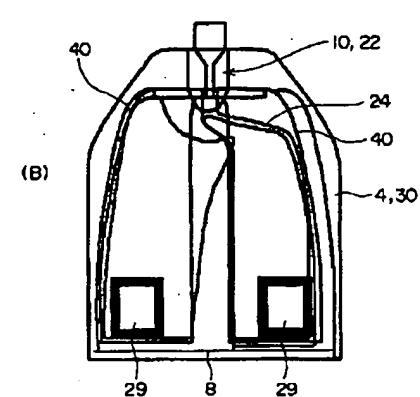
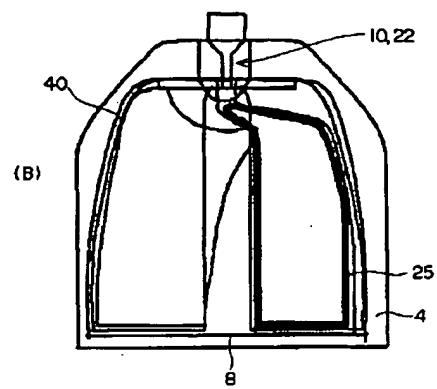
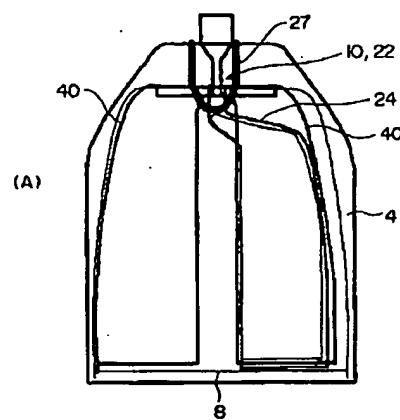
【図13】



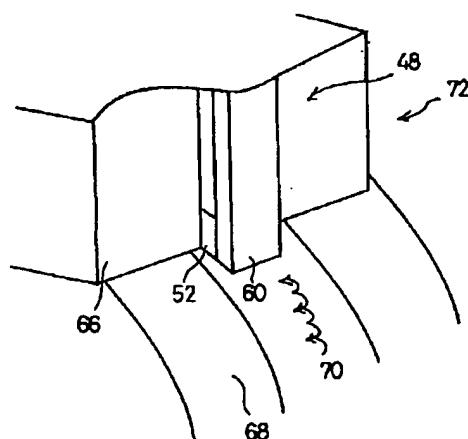
【図6】



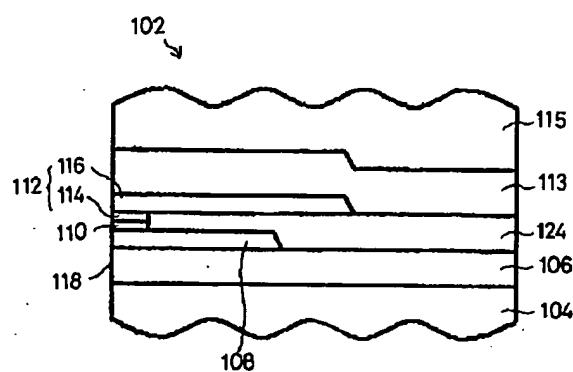
【図7】



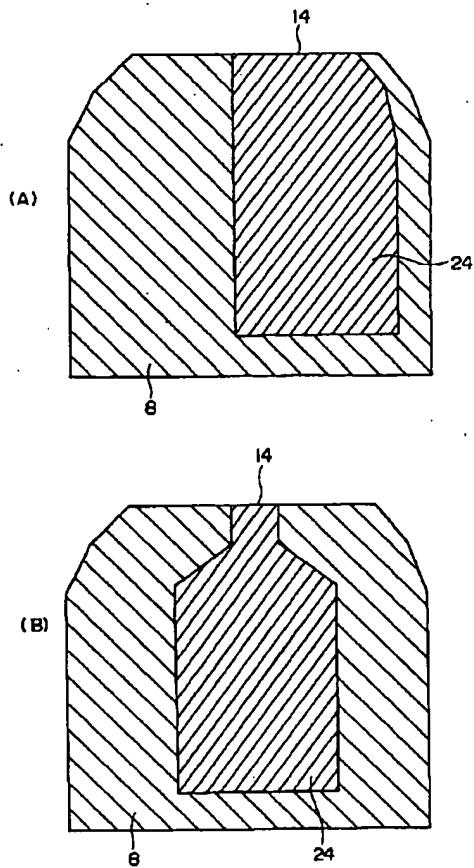
【図14】



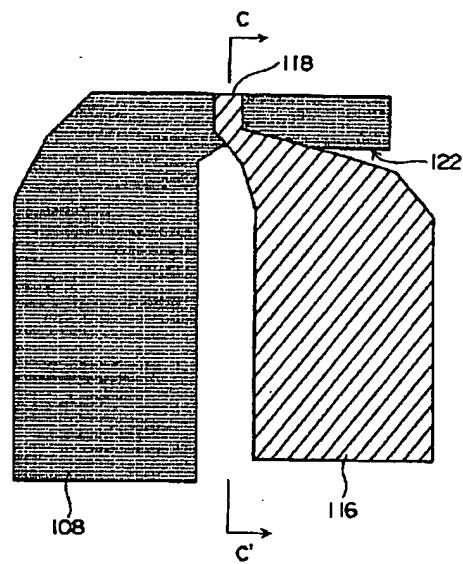
【図15】



【図9】



【図16】



【図17】

